

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 筒井 和詩

追跡および逃避行動は数多くの動物種にとって生存のために重要な行動である。同時に、ラグビー、サッカー、バスケットボールなどの現代スポーツにおいても、相手選手やボールを捕捉したり、あるいは相手選手に捕捉されないように逃避したりする行動は、基本的スキルの1つとされている。これらのことから、これまで生物学やスポーツ科学の分野において、動物の捕食行動やスポーツにおける1対1の攻撃―守備行動などの追跡―逃避行動における知覚運動制御について検討され、追跡して相手を捕捉するための移動方略や追跡を躲すための運動方略が提唱されてきた。

本博士論文はこの問題について、実空間での全身の移動を伴う複雑な1対1攻撃―守備課題と仮想空間内のエージェントを操作して行う同課題との比較、ならびに数理モデルによる解析を通じて、ヒトの追跡および逃避行動に関与する要因ならびに時空間的構造について検討した。本博士論文は以下に示す4つの研究から構成されている。

研究1では、守備者が攻撃者を捕捉するための追跡方略について検討を行った。この研究では、動物の狩りを対象とした研究によって提案されている追跡方略（数理モデル）の、ヒトにおける攻撃―守備課題への適用可能性を検討した。具体的には、先行研究によって提案されている3つの追跡モデル（古典的追従モデル、時間最適モデル、および平行ナビゲーションモデル）における予測と、追跡逃避課題における守備者（追跡者）の行動とを比較した。実験は、より実際のスポーツ場面に近い実空間（実験1）と、より統制のとれた環境下で疲労の影響を抑えて多くの試行を実施可能な仮想空間（実験2）で行われ、両実験において課題中の守備者の行動が時間最適モデルとよく一致することを明らかになった。この結果は、ヒトが追跡逃避行動において時間最適方略を採用していることを示唆するものである。

研究2では、攻撃者が守備者を抜き去るための逃避（突破）方略について検討した。この研究では、攻撃者（逃避者）の急激な方向転換に着目し、時間的および空間的な頻度分布と守備者の反応時間との関係を調べた。その結果、攻撃者の方向転換における頻度分布には、空間的な一様性と時間的な二峰性という特性が見られた。ここでの空間的な一様性は、コート上の各位置における時間あたりの方向転換頻度がおよそ一定であることを意味しており、この特性は守備者に対する予測不可能性を向上させることに有益であると考えられる。また、時間的な二峰性について、約 350ms 以下の短い時間間隔とそれ以上の長い時間間隔において、それぞれ1つずつピークを有することを意味している。このとき、時

間隔の短い方向転換に対する守備者の反応時間は時間間隔の長いものと比較して長かった。つまり、これらの結果は、攻撃者が守備者の反応時間における数十ミリ秒の追加遅延を得るために、時間間隔の短い連続的な方向転換を行いつつ、方向転換を行う場所については空間内で等確率になるような方略を採用していたことを示唆している。また、成績下位群と比較して上位群では時間間隔の短い方向転換の頻度が高いという特徴があり、時間的な頻度分布の違いが熟練差を反映している可能性が示唆された。

研究3では、2者の方略と運動学的変数の関係に着目することで、勝敗の決定要因について検討した。この研究では、まず先行研究によって提案されている重要な変数間の関係を記述する幾何学的モデルを提案し、そのモデルに基づいて移動スピードと反応時間という2つの変数が2者の行動結果を決定することを予測した。そして、2者の変数を操作可能な仮想空間内の追跡逃避課題を用いて、それら2つの変数を変化させた際の2者の行動変化について検討した。その結果、2者の行動方略自体はおよそ一定であり、追跡逃避行動において2者の攻防の結果が移動スピードおよび反応時間によって決定することを示唆するものであった。また、両変数操作による2者の行動変化は類似しており、移動スピードと反応時間は2者の攻防において互換的な関係にあることが示唆された。

研究4では、研究1から3の結果に基づいて、環境制約と方略あるいは勝敗の関係について検討した。この研究では、スポーツにおいてしばしば生じる時空間的制約を変化させた際の、追跡方略および逃避方略について検討した。空間的制約条件ではコート幅を、時間的制約条件では捕捉あるいは突破までの制限時間を変化させた。攻撃者、守備者の両方においてこれら制約に応じた移動方向や反応時間の変化が認められた。一方で、その際の行動方略は大きく変化せず、2者の攻防の結果は時空間的制約によっておよそ決定した。この結果は、環境制約もまた2者の行動の結果に関わる重要な要因であることを示唆するものである。

以上4つの研究を通し、本博士論文は、ヒトの追跡および逃避構造に潜む時空間的構造を示した。本研究で明らかになった個々の方略、2者の行動の結果、それらを取り巻く環境制約の影響に関する知見は、独立したものではなく、互いに関係し合っていた。そのため、これらの知見は、環境を含めて追跡および逃避行動を理解することの重要性を示していると考えられる。また、本研究で対象としたヒトの追跡および逃避行動の結果は、他の生物の行動との共通点があることを示唆するものであった。さらに、本研究で明らかになった攻撃者および守備者の方略は今後スポーツ選手の行動評価指標の作成に発展する可能性があり、攻守の勝敗を決定づける変数を考慮したパフォーマンス改善のためのトレーニングの開発につながる可能性がある。以上のとおり、これらの本博士論文で得られた知見は、ヒトを含む動物の行動や知覚運動制御の理解やスポーツ・運動における学習や指導につながるものとして高く評価することができるため、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。